

PENERAPAN PENGGUNAAN ARANG AKTIF SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PROSES ADSORPSI LIMBAH CAIR DI SENTRA INDUSTRI TAHU KOTA MALANG

Harimbi Setyawati¹⁾; Nanik A.Rakhman¹⁾; Dwi Ana Anggorowati¹⁾

¹⁾ Dosen Prodi. Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAKSI

Industri tahu pada umumnya menghasilkan air limbah yang polutif, dengan nilai BOD 900-3500 mg/l dan COD 1700-7300 mg/l. Limbah cair tahu ini pada umumnya langsung dibuang ke sungai yang menyebabkan kematian organisme perairan karena kekurangan oksigen. Jika dibuang ke sawah akan menghasilkan gas metan yang menyebabkan unsur hara didalam tanah menjadi tidak seimbang yang akan berdampak pada bulir padi menjadi puso atau kosong. Untuk menurunkan nilai BOD dan COD limbah, perlu dilakukan pengurangan zat-zat organik yang terkandung di dalam limbah sebelum dibuang ke perairan. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memperoleh angka penurunan COD dan BOD sesuai dengan PERGUBJATIM-72-2013 yang ada dari limbah cair tahu dengan proses adsorpsi dengan memanfaatkan arang aktif sekam padi sebagai adsorben pada proses adsorpsi limbah industri tahu. Massa optimum pada penelitian ini adalah 100 gram dan waktu kontak optimum 20 menit dengan nilai COD 32 mg/L dan BOD 16,6 mg/L.

Kata Kunci: adsorpsi, arang aktif, sekam padi, COD, BOD

PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan salah satu jenis industri kecil yang berkembang di Indonesia khususnya Pulau Jawa (Candra dkk, 2014). Tahu merupakan makanan kaya protein yang sangat diminati oleh masyarakat Indonesia, dengan bahan baku utama adalah kedelai (Novarina dkk, 2015).

Prinsip pembuatan tahu meliputi tahapan perendaman, pencucian, penggilingan, pemasakan, penyaringan, penggumpalan, pemisahan tahu dari whey, pencetakan dan pengepresan, serta pemotongan. Limbah yang dihasilkan pada proses pembuatan tahu ada dua macam yaitu limbah padat yang berupa ampas dan limbah cair yang berasal dari tahap proses pencetakan dan pengepresan tahu (disebut whey) (Romli, 2009).

Industri tahu pada umumnya menghasilkan air limbah yang polutif, dengan kadar BOD 900-3500 mg/l dan COD 1700-7300 mg/l. Limbah cair tahu ini pada umumnya langsung dibuang ke sungai yang menyebabkan kematian organisme perairan karena kekurangan oksigen. Jika dibuang ke sawah akan menghasilkan gas metan yang menyebabkan unsur hara didalam tanah menjadi tidak seimbang yang akan berdampak pada bulir padi menjadi puso atau kosong (Novarina, 2015). Untuk menurunkan nilai

BOD dan COD limbah, perlu dilakukan pengurangan zat-zat organik yang terkandung di dalam limbah sebelum dibuang ke perairan (Jatu, 2010).

Salah satu cara pengolahan limbah adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap, adsorbat) pada permukaannya (Bagas, 2014).

Berbagai adsorben dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair tahu diantaranya: arang aktif, alumina aktif, silika gel, dan zeolit (molecular sieves). Namun, diantara beberapa jenis adsorben tersebut arang aktif paling mudah ditemukan dan memiliki luas permukaan paling besar, sehingga kemampuan untuk menyerap juga paling besar (Wahjuni dkk., 2005).

Dengan data yang didapatkan dari peneliti terdahulu, maka pada kegiatan pengabdian masyarakat ini akan dilakukan penurunan kadar COD dan BOD pada limbah cair industri tahu menggunakan proses adsorpsi dengan adsorben arang aktif dari sekam padi, dikarenakan harga arang aktif yang murah dan mudah diperoleh, dengan variasi massa arang aktif dan waktu kontak.

Penyuluhan kepada pemilik maupun karyawan di industri tahu tentang mengoptimalkan kinerja arang aktif sekam padi dalam menurunkan COD dan BOD pada limbah cair tahu. Penggunaan variabel pada proses pengolahan limbah cair tahu yang memanfaatkan arang aktif sekam padi pada proses adsorpsi. Variabel-variabel yang mempengaruhi adalah variasi massa arang aktif sekam padi dan waktu adsorpsi.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memperoleh angka penurunan COD dan BOD sesuai dengan PERGUBJATIM-72-2013 yang ada dari limbah cair tahu dengan proses adsorpsi dengan memanfaatkan arang aktif sekam padi sebagai adsorben pada proses adsorpsi limbah industri tahu.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah Cair industri Tahu

Prinsip pembuatan tahu meliputi tahapan perendaman, pencucian, penggilingan, pemasakan, penyaringan, penggumpalan, pemisahan tahu dari whey, pencetakan dan pengepresan, serta pemotongan. Limbah yang dihasilkan pada proses pembuatan tahu ada dua macam yaitu limbah padat yang berupa ampas dan limbah cair yang berasal dari tahap proses pencetakan dan pengepresan tahu (disebut whey) (Romli, 2009).

Industri tahu pada umumnya menghasilkan air limbah yang polutif, dengan kadar BOD 900-3500 mg/l dan COD 1700-7300 mg/l. Limbah cair tahu ini pada umumnya langsung dibuang ke sungai yang menyebabkan kematian organisme perairan karena kekurangan oksigen. Jika dibuang ke sawah akan menghasilkan gas metan yang menyebabkan unsur hara didalam

tanah menjadi tidak seimbang yang akan berdampak pada bulir padi menjadi puso atau kosong. Untuk menurunkan nilai BOD dan COD limbah, perlu dilakukan pengurangan zat-zat organik yang terkandung di dalam limbah sebelum dibuang ke perairan (Jatu, 2010).

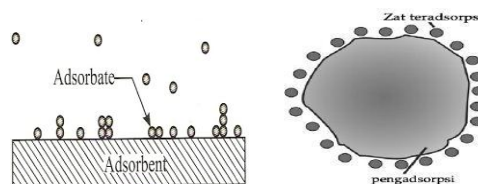
Tabel 1
Komposisi kimia limbah cair tahu

No.	Parameter	Kadar (mg/L)
1.	Protein	0,42%
2.	Lemak	0,13%
3.	Karbohidrat	0,11%
4.	Air	98,87%
5.	Kalsium	3,60 ppm
6.	Phospor	1,74 ppm
7.	Besi	4,55 ppm

Sumber : data uji balai laboratorium kesehatan semarang tahun 1995 (pranoto, 2005:18)

Proses Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap, adsorbat) pada permukaannya.



Gambar 1
Proses terjadinya adsorpsi

Adsorpsi terjadi karena molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair yang memiliki gaya tarik dalam keadaan tidak setimbang sehingga cenderung tertarik kearah dalam (gaya kohesi adsorben lebih besar daripada gaya adhesinya). Ketidakseimbangan gaya tarik tersebut mengakibatkan zat padat atau zat cair yang digunakan sebagai adsorben cenderung menarik zat-zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

a. Jenis Adsorben dan adsorbat

Adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi diharuskan untuk tidak larut dalam adsorbat atau tingkat kelarutan yang kecil, tidak bereaksi dengan adsorbat, mempunyai luas permukaan yang besar.

b. Temperatur

Suhu memiliki peranan dalam proses adsorpsi. Akan terjadi perbedaan penyerapan pada adsorben, namun hal ini hanya terjadi jika perbedaan suhu yang digunakan besar.

c. Konsentrasi

Konsentrasi adsorben terhadap adsorbat memberikan pengaruh terhadap proses adsorpsi. Semakin besar konsentrasi dari adsorben, maka proses penyerapan akan semakin baik.

d. Waktu kontak

Waktu kontak antara adsorben terhadap adsorbat memberikan pengaruh terhadap proses adsorpsi, semakin lama waktu kontak akan semakin baik dalam proses adsorpsi hingga didapatkan waktu optimum dalam proses penyerapan, setelah waktu optimum didapat maka proses penyerapan cenderung berkurang, hal ini dikarenakan adanya kemungkinan sebagian kecil dari adsorben ikut terbawa oleh larutan sehingga kemampuan penyerapan berkurang. Selain itu juga disebabkan adsorben telah mencapai titik jenuh dalam proses adsorpsi, sehingga proses penyerapan menurun setelah tercapai waktu optimum.

e. Luas permukaan adsorben

Luas permukaan adsorben adalah kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi suatu adsorbat, dimana hal tersebut berbanding lurus dengan luas permukaan spesifik. Luas permukaan spesifik adalah total permukaan yang tersedia untuk mengadsorpsi suatu adsorbat. Mekanisme penyerapan pada proses adsorpsi terjadi pada bagian luar adsorben dalam hal tersebut bergantung pada kekuatan adsorben dan diameter permukaannya.

f. Massa

Massa adsorben memberikan pengaruh terhadap proses adsorpsi, semakin banyak massa akan semakin baik dalam proses adsorpsi hingga didapatkan massa optimum. dalam proses penyerapan, setelah massa optimum didapat maka proses penyerapan cenderung berkurang, hal ini dikarenakan massa arang aktif yang diberikan terlalu banyak sehingga antar arang aktif sendiri saling berdesakan dan menyebabkan interaksi arang aktif dengan adsorbat kurang efektif (Walter J, Weber Jr).

Jenis Adsorben

Material adsorben yang digunakan dalam pengolahan limbah cair tahu biasanya adalah arang aktif, alumina aktif, silika gel, dan zeolit (molecular sieves). Dalam hal ini digunakan arang aktif sebagai adsorben. Dalam penelitiannya arang aktif paling mudah ditemukan dan memiliki luas

permukaan paling besar, sehingga kemampuan untuk menyerap juga paling besar (Wahjuni dkk., 2005).

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jatu tahun 2010. Dalam penelitiannya terbukti bahwa arang aktif dapat melakukan penyerapan maksimal terhadap zat organik yang terkandung dalam limbah cair industri tahu.

Tabel 2
Macam-macam adsorben beserta keunggulannya

Tipe	Kelebihan	Kekurangan
Arang aktif	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat menghilangkan polutan organik - Harga terjangkau - Mudah didapat 	<ul style="list-style-type: none"> - Proses penyerapan kurang maksimal
Zeolit	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah didapat - Harga terjangkau - Dapat diaktivasi dengan mudah 	<ul style="list-style-type: none"> - Proses penyerapan kurang efektif - Kapasitas total rendah
Silica gel	<ul style="list-style-type: none"> - Proses penyerapan efektif 	<ul style="list-style-type: none"> - Harga mahal - Sulit didapat - Efektivitas adsorpsi silika terhadap ion logam lemah

Arang Aktif



Gambar 2
Arang aktif

Arang aktif merupakan salah satu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonasi dan tidak teroksidasi (Sembiring MT an Sinaga, TS.2004:1).

Arang aktif adalah arang yang telah diaktifkan sehingga mempunyai daya adsorbs yang tinggi terhadap zat warna, gas, zat-zat tertentu yang toksik dan senyawa-senyawa kimia lainnya, berbentuk amorf dan memiliki luas permukaan yang besar yaitu berkisar 300-2500 m²/g (Austin

1996:140). Luas permukaan yang besar ini disebabkan oleh karena karbon mempunyai struktur dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas atau zat yang berada dalam larutan (Janowska *et al* 1991:103).

Arang aktif tersusun atas atom-atom karbon yang dalam penataannya cenderung tidak beraturan atau kasar dalam rentang jarak antar atom karbon pendek. Komponen paling dominan dari tanaman merupakan polimer dari glukosa ($C_6H_{12}O_6$) yang saling berikatan dengan cara tertentu. Dalam sel kayu, molekul-molekul panjang selulosa terletak dalam baris-baris parallel membentuk serat serat kayu.

Bahan baku untuk membuat arang aktif cukup beragam, antara lain: kayu, batu bara, kulit kacang, atau serbuk gergaji. Dalam satu gram arang aktif, pada umumnya memiliki luas permukaan seluas 500-1500 m², sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0,01-0,0000001 mm.

Akan tetapi, pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah sekam padi karena harganya murah dan tersedia dalam jumlah banyak (Sitohang dan Dian, 2009). Hal ini berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (2013) bahwa produksi gabah kering giling (GKG) di Indonesia pada tahun 2012 sebesar 69,05 juta ton, sementara sekam yang dihasilkan dari gabah kering tersebut ± 15 juta ton. Kenyataan menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah sekam belum maksimal.

Tabel 3
Macam-macam arang aktif beserta kenggulannya

Tipe	Kadar air	Kadar abu	Daya serap iodium
SNI	Max 15 %	Max 2,5 %	Min 750 mg/g
Kayu (jati)	4,81 %	1,55 %	28,86 %
Bagasse	6,1 %	3,3 %	-
Ampas kopi	3,4 %	1,88 %	750,25 mg/g
Sekam padi	6,1 %	32,6 %	-

Karakteristik arang aktif sekam padi adalah sebagai berikut :

Tabel 4
Hasil penelitian tentang karakteristik arang aktif sekam padi

Komponen	Kandungan	SNI
Kadar air	6,1 %	Max 15 %
Kadar abu	32,6 %	Max 2,5 %
Iodine number	-	Min 750 mg/g
Surface area	285 m ² /g	

METODE PENELITIAN

Cara pengambilan data, kami menggunakan metode eksperimen dengan cara mengambil data dari hasil penelitian, kemudian menganalisa hasil dengan metode analisa **PERGUBJATIM-72-2013**.

Prosedur Penelitian

Tahap persiapan

- Mempersiapkan limbah cair industri tahu.
- Menyaring limbah cair industri tahu.
- Mempersiapkan alat adsorpsi.
- Menakar limbah cair industri tahu hingga volume 1L pada tangki penampung.
- Menimbang arang aktif sesuai dengan variabel.
- Memasukkan arang aktif ke dalam kolom adsorpsi.

Tahap pelaksanaan

- Menyalakan pompa dan membuka valve bahan baku.
- Melakukan running sesuai variabel.
- Produk dialirkan ke tangki penampung bahan baku hingga waktu yang ditentukan.
- Setelah tercapai waktu, sample diambil secukupnya.

Tahap analisa

Setelah dilakukan proses penelitian sesuai dengan variabel yang telah ditentukan, maka dilakukan beberapa analisa terhadap sampel yang didapatkan. Analisa dilakukan sesuai dengan standard kelayakan biodiesel yang ada di Indonesia, sesuai dengan yang tercantum pada analisa **PERGUBJATIM-72-2013**.

Analisa yang dilakukan meliputi:

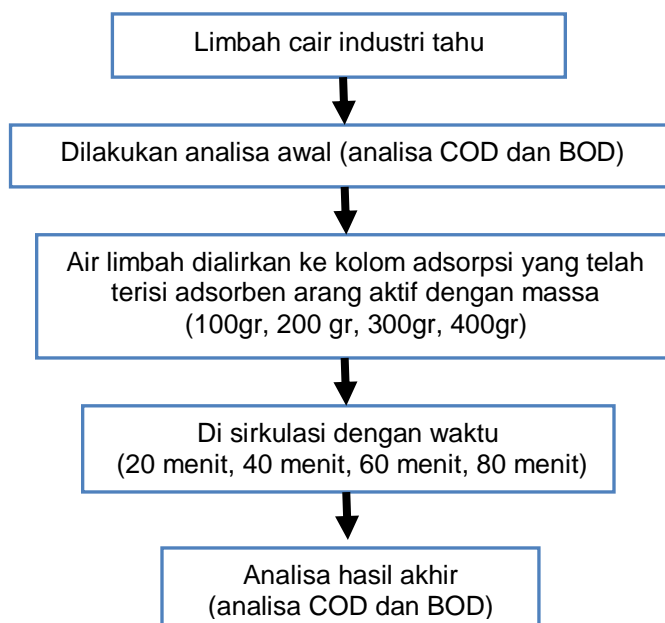
a. COD

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mgO_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dimana pengoksidaanya adalah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ atau KMnO_4 digunakan sebagai sumber oksigen (Alaerts dan Santika, 1984:149).

b. BOD

Biochemical Oxygen Demand menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecahkan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan dalam air (Nadijanto. 2000:14).

Kerangka Analisa COD dan BOD



Gambar 3
Proses analisa COD dan BOD

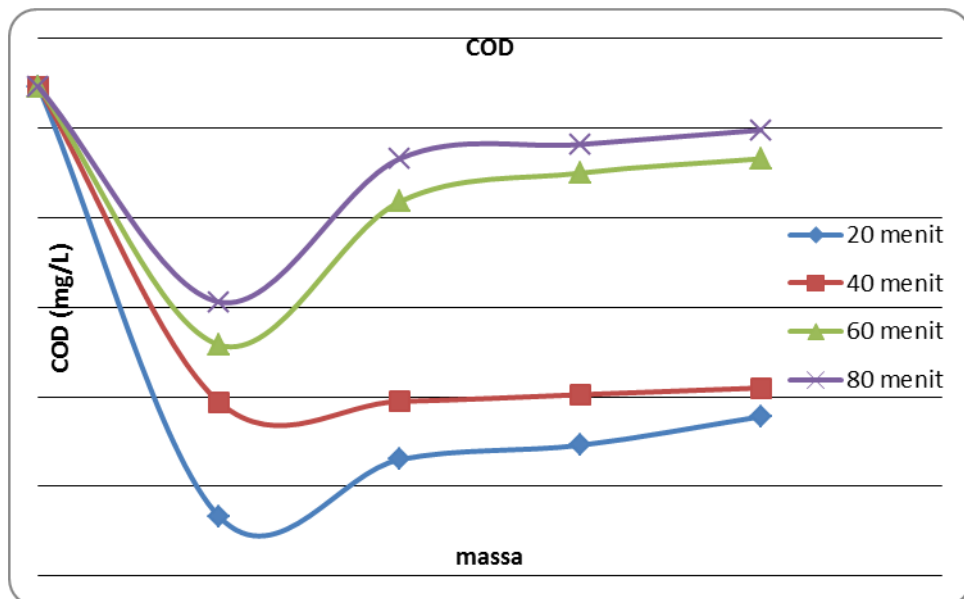
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. COD

Dari uji analisa sampel ada beberapa sample yang sesuai dengan standard kelayakan limbah industri tahu di Jawa Timur, berdasar pada PERGUBJATIM-72-2013, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5.
Hasil uji analisa sampel tentang COD

Massa Waktu	Nilai COD (mg/L)			
	20 menit	40 menit	60 menit	80 menit
100 gram	32	288	416	512
200 gram	160	290	736	832
300 gram	192	305	800	864
400 gram	256	320	832	896



Gambar 4. Hasil uji analisa tentang COD

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mgO_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air. Nilai COD yang diperbolehkan untuk industri tahu berdasarkan PERGUBJATIM-72-2013 adalah 300 mg/L. Dari hasil analisa sample ada beberapa sample yang tidak memenuhi ambang batas nilai COD berdasarkan PERGUBJATIM-72-2013. Waktu kontak optimum pada penelitian ini adalah 20 menit, pada waktu kontak 0-20 menit terjadi penurunan kadar COD yang signifikan. Penurunan nilai adsorpsi terjadi secara terus menerus pada waktu kontak 40-80 menit. Hal ini sesuai dengan teori yang telah diuraikan diatas bahwa semakin lama waktu kontak akan semakin baik dalam proses adsorpsi hingga didapatkan waktu optimum dalam proses penyerapan, setelah waktu optimum didapatkan maka proses penyerapan cenderung berkurang, hal dikarenakan adanya kemungkinan sebagian kecil dari adsorben ikut terbawa oleh larutan sehingga kemampuan penyerapan berkurang. Selain itu juga disebabkan adsorben telah mencapai titik jenuh dalam proses adsorpsi, sehingga proses penyerapan menurun setelah tercapai waktu optimum.

Waktu kontak berbanding lurus dengan bertambahnya massa dimana semakin banyak semakin banyak massa adsorben semakin tinggi pula kadar COD, hal ini disebabkan karena massa arang aktif sekam padi yang diberikan terlalu banyak sehingga antar arang aktif sendiri saling

berdesakan dan menyebabkan interaksi arang aktif sekam padi dengan limbah cair tahu kurang efektif.

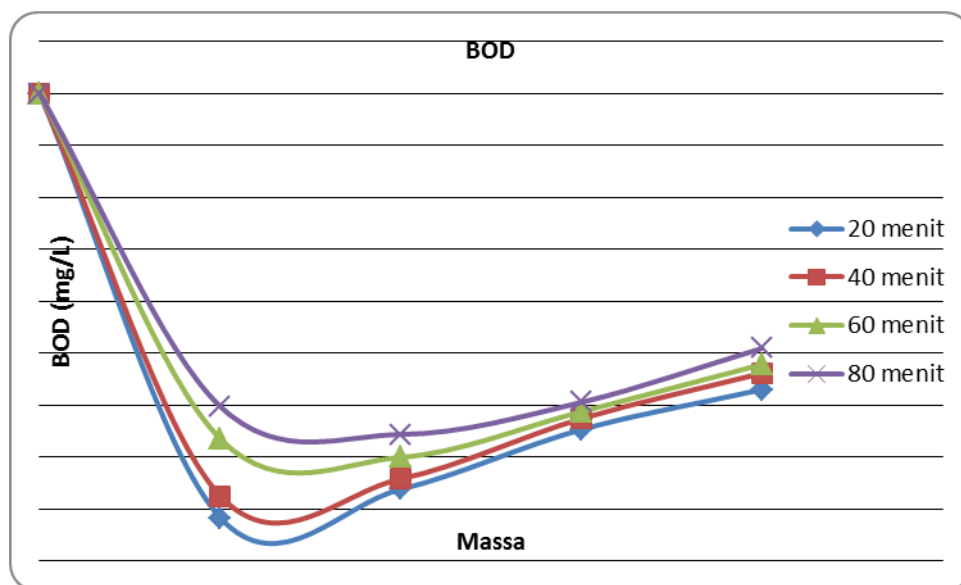
Pada penelitian ini didapatkan waktu kontak optimum adalah 20 menit dengan massa adsorben optimum 100 gram. Dimana terjadi penurunan yang signifikan dari nilai COD limbah awal adalah 992 mg/L menjadi 32 mg/L.

2. BOD

Dari uji analisa sampel sesuai dengan standard kelayakan limbah industri tahu di Jawa Timur, berdasar pada PERGUBJATIM-72-2013, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6.
Hasil uji analisa sampel tentang BOD

Massa Waktu	Nilai BOD (mg/L)			
	20 menit	40 menit	60 menit	80 menit
100 gram	16,6	25	47	59,5
200 gram	27,6	31,6	39,9	48,7
300 gram	50,6	54,8	57,5	61,1
400 gram	66	72,3	75,7	81,9



Gambar 5. Hasil uji analisa tentang BOD

Biochemical Oxygen Demand menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecahkan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan dalam air. Nilai BOD berdasarkan PERGUBJATIM-72-2013 yang diperbolehkan adalah sebesar 150 mg/L. Dari hasil analisa sample, semua sample memenuhi standart kelayakan berdasarkan PERGUBJATIM-72-2013. Dengan waktu kontak optimum 20 menit. Hal ini sesuai dengan teori yang telah dijelaskan di tinjauan pustaka bahwa semakin lama waktu kontak akan semakin baik dalam proses adsorpsi hingga didapatkan waktu optimum dalam proses penyerapan, setelah waktu optimum didapatkan maka proses penyerapan cenderung berkurang, hal dikarenakan adanya kemungkinan sebagian kecil dari adsorben ikut terbawa oleh larutan sehingga kemampuan penyerapan berkurang. Selain itu juga disebabkan adsorben telah mencapai titik jenuh dalam proses adsorpsi, sehingga proses penyerapan menurun setelah tercapai waktu optimum. Semakin banyak massa yang ditambahkan maka semakin tinggi pula nilai BOD yang didapatkan. Hal ini sesuai dengan teori yang telah dijelaskan bahwa massa arang aktif sekam padi yang diberikan terlalu banyak sehingga antar arang aktif sendiri saling berdesakan dan menyebabkan interaksi arang aktif sekam padi dengan limbah cair tahu kurang efektif.

Setelah dilakukan uji analisa pendahuluan dan analisa terhadap hasil pengabdian yang dilakukan, maka secara menyeluruh dapat digambarkan melalui tabel sebagai berikut:

Tabel 6.
Perbandingan uji analisa pendahuluan dengan hasil penelitian

Parameter	Nilai Awal	Nilai Akhir	Selisih
COD (mg/L)	992	32	960
BOD (mg/L)	180	16,6	163,4

Data diatas menunjukkan bahwa arang aktif dari sekam padi, layak digunakan untuk proses adsorpsi limbah cair industri tahu.

KESIMPULAN

1. Proses adsorpsi limbah cair industri tahu menggunakan adsorben arang aktif dari sekam padi dengan ukuran partikel 100 mesh, dapat menurunkan kadar COD dan BOD. Penggunaan arang aktif dari sekam padi yang tepat akan menyerap polutan-polutan yang ada pada limbah dengan maksimal.
2. Semakin lama waktu kontak dan semakin banyak massa adsorben maka semakin tinggi pula kadar COD dan BOD. Hal ini dikarenakan adsorben telah jenuh dan mengalami desorpsi serta antar arang aktif

sendiri saling berdesakan sehingga interaksi arang aktif dengan limbah cair tahu kurang efektif.

3. Massa aktif arang aktif sekam padi rata-rata adalah sekitar 20 menit. Setelah itu diduga arang aktif sekam padi telah atau mulai *mengalami kejenuhan*.
4. Massa arang aktif optimum adalah 100 gram. Semakin banyak massa adsorben yang ditambahkan semakin tinggi pula nilai COD dan BOD, hal ini disebabkan karena massa arang aktif sekam padi yang diberikan terlalu banyak sehingga antar arang aktif sendiri saling berdesakan dan menyebabkan interaksi arang aktif sekam padi dengan limbah cair tahu kurang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Buhani. Modifikasi Silika Dengan 3-Aminopropiltrimetoksisilan Melalui Proses Sol Gel Untuk Adsorpsi Ion Cd(II) Dari Larutan. J. Sains MIPA, Desember 2010, Vol. 16, No. 3, Hal.: 177 – 183 ISSN 1978-1873
- Handayani, Novarina Irmanning, dkk. Teknologi pengolahan limbah cair industri tahu sebagai sumber energi dan mengurangi pencemaran air. Seminar Nasional Pangan Lokal, Bisnis dan Eko-Industri Semarang. 1 Agustus 2015
- Irmanto, Suyata. Penurunan Kadar Amonia, Nitrit, dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi. Jurnal Molekul, Vol. 4. No. 2. November, 2009 : 105 - 114
- Jatyaraga, Bagus Arya, dkk. Pengaruh massa magnesium silikat (magnesol) dan waktu operasi pada proses pemurnian biodiesel.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. 2013. Jawa Timur.
- Purnawan, Candra, dkk. Penurunan kadar protein limbah cair tahu dengan pemanfaatan karbon bagasse teraktivasi. Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 21, No.2, Juli 2014: 143-148
- Putra, Riandy, dkk. Adsorpsi Ion Mn(II) Pada Zeolit yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara Termodifikasi Ditizon. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” ISSN 1693-4393 Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Maret 2015
- Swastha, Jatu Taufiq. Kemampuan Arang Aktif Dari Kulit Singkong dan Dari Tongkol Jagung Dalam Penurunan Kadar COD dan BOD Limbah Pabrik Tahu. Semarang 2010
- W. J. Weber Jr. Adsorption processes. The university of michigan, USA.